

Agricultura i percepció remota

Prof. Dr. J. BECH

Laboratori de Sòls. Escola Universitària
d'Enginyeria Tècnica Agrícola de Barcelona

RESUMEN

«Agricultura y percepción remota»

Se expone la aplicación de diversas técnicas de percepción remota a la Agricultura, enumerando diversos tipos de sensores. Entre los aspectos detectables se insiste en las «modalidades de superficie» (bosques, prados, campos de cultivo, suelo desnudo, etcétera), humedad del suelo, riegos y drenajes. Un importante apartado se dedica a la identificación de cultivos, evaluación y

distribución, previsión de cosechas, control de su evolución, planificación de la recolección, alteraciones fitopatológicas, control de herbicidas, detección de trastornos nutricionales, control del tipo de labores agrícolas y del abonado. Finaliza esta síntesis monográfica con la incidencia de la teledetección en meteorología agrícola, ganadería, silvicultura, residuos agrícolas y polución de aguas.

ABSTRACT

Agriculture and Remote Sensing

The article describes the agricultural application of several remote sensing techniques, listing different types of sensor. Among the detectable aspects attention is drawn to «types of surface» (woodland, grassland, arable land, bare ground, etc.), soil humidity, irrigation and drainage. An important part deals with crop identification, distribution

and assessment, forecasting of yields, evolution control of herbicide action, possible feeding disfunctions, tillage operations and use of fertilizers. The monographic synthesis ends with the relationship between remote sensing and agricultural meteorology, animal husbandry, forestry and farm refuse and water pollution.

El ritme creixent en els avanços tecnològics que implica un augment de la productivitat i una indubtable millora en el nivell de vida de la societat de consum porta aparellada la preponderància dels sectors secundaris i terciaris sobre els pri-

maris, concretament sobre l'agricultura, que tradicionalment havia constituït la base del manteniment dels pobles.

La problemàtica socio-econòmica del camp és complexa i subjecta a una adaptació, a un nou status, mentre s'evidencia

un progressiu transvassament del món rural cap al medi urbà.

Així, veiem com queden collites sense recol·lectar, per escassetat en mà d'obra, fase a la qual segueix l'abandó i la improductivitat de moltes terres.

D'altra banda, paradoxalment, la societat de consum implica un augment de la vida mitjana dels ciutadans, en definitiva una demografia creixent. Recordem que en els països subdesenvolupats, malgrat que les condicions de vida són molt allunyades de les de la societat de consum, el creixement de la població és encara més gran. Pot parlar-se d'una autèntica explosió demogràfica. El cas dels països en vies de desenvolupament és intermedi.

Realment, davant d'una demografia creixent ens trobem en una fase «de recursos minvants» (Colvell, R. N.). En aquesta situació crítica, quin paper tindrà l'agricultura?

La «vella», la tradicional agricultura de subsistència, està destinada a desaparèixer. S'ha de portar a terme una reno-

vació radical, un canvi d'enfocament de les tècniques, de les concepcions i de les previsions.

Una «nova» agricultura s'ha d'obrir camí, per seguir proveint d'aliments naturals a la Humanitat. Serà la supermecanitzada, la de la fertirrigació, la que prevegi i controli científicament la sanitat de les collites, la que modifiqui les propietats dolentes dels sòls amb condicionadors, etc., i que controli sobretot l'ús d'herbicides, fungicides i plaguicides, per evitar el deteriorament del medi ambient.

En definitiva, serà una agricultura tecnològicament molt avançada, presidida per una planificació on l'aspecte socio-econòmic vagi a l'uníson amb una visió ecològica de l'explotació de recursos.

En aquesta nova perspectiva, les tècniques modernes de la percepció remota, complementades pel tractament automàtic de dades (teledetecció associada a Informàtica = Telemàtica), seran imprescindibles a la renovada agricultura.

1. TÈCNiques DE PERCEPCIÓ REMOTA ÚTILS EN AGRICULTURA

La percepció remota, en sentit ampli, inclou qualsevol procediment de captació d'informació d'un objecte a distància, és a dir, sense entrar en contacte directe amb ell.

Els cons i bastonets de la retina o l'emulsió sensible d'una pel·lícula fotogràfica constitueixen els exemples més immediats d'elements perceptors a distància. En general, els elements de percepció o sensors són capaços de captar energia electromagnètica que emeten o difonen selectivament els diversos objectes. Els sensors que així actuen, la majoria dels experimentats fins ara, reben el nom de passius, entre els que destaquen els diversos tipus d'emulsions fotogràfiques en banda senzilla i múltiple, sondes d'escombrat, càmeres de TV. i radiòmetres.

Els sensors actius, fonamentalment el radar, han estat poc explotats fins al moment en agricultura. L'SLAR (Side Look

Airborne radar) té escassa resolució d'imatge a conseqüència de la longitud d'ona a la qual treballa.

Els elements portadors dels sensors són molt variats:

A) Ambit terrestre:

— L'home portador de càmera fotogràfica, TV., radiòmetre, etc. en el camp, hivernacle o laboratori.

— Vehicles amb plataformes elevades
— Talaies fixes.

B) Ambit aeri:

— Helicòpter.
— Avió (des de l'avioneta a l'avió U-2).
— Globus.

C) Ambit espacial:

— Coet.
— Satèl·lit.
— Estació orbital.

Fenòmens a detectar i avantatges de la percepció remota

A la fotografia aèria convencional, que comprèn l'espectre visible o quasi-visible —380 a 1.000 m.—, en banda única, s'ha d'afegir altres tècniques, com són les ones òptico-mecàniques que capten des de l'ultravioleta fins a l'infraroig i l'ús de microones, en les bandes d'un mil·límetre a un metre, així com el registre simultani de diverses energies espectrals en espectres múltiples o multibanda, ja sigui en pel·lícules o en cintes magnètiques que tractades ens donaran desenvolupaments bidimensionals. Aquestes últimes tècniques constitueixen un pas molt important en els estudis quantitius, com ho demostren els treballs per exemple del LARS (Laboratory for Agricultural Remote Sensing), Universitat de Purdue, Indiana.

Ja hem indicat que la percepció remota és possible donat que els objectes i éssers vegetals i animals emeten o difonen radiacions electromagnètiques de diferents tipus, la resultant de la qual és típica de la naturalesa, forma, estructura i temperatura d'aquests, de la sensibilitat dels detectors, de la més gran o menor absorció atmosfèrica i de les interaccions complexes del medi.

De fet, la informació és una funció de la resultant complexa d'interaccions entre matèria (estructura, forma, àrea o volum) i energia (radiació).

Els avantatges de l'ús de la percepció remota en Agricultura, radiquen en:

— Que poden donar una visió global (foto satèl·lit) d'una zona molt extensa o de difícil accés.

— Donen una informació ràpida, de manera que podem prendre immediates decisions per modificar condicions, tractaments, etc.

— La percepció remota, a més d'economitzar molt de temps, estalvia energia i treball de control sobre el terreny.

— Permet controlar i seguir l'evolució de processos o fenòmens al llarg del temps (la fotografia per satèl·lit es pot repetir a breus intervals de temps).

De tota manera, els treballs i control de terreny no s'exclouen del tot, en especial a les fases inicials on es procedeix a contrastar el significat i validesa de les dades captades per sensors remots. Aquesta fase és especialment delicada quan s'utilitza informació corresponent a zones no visibles de l'espectre.

En tots els casos, per a interpretar la informació cal conèixer perfectament els objectes i fenòmens a detectar. Per a això es realitzen assaigs de percepció remota en zones test (parcel·les test) molt detalladament estudiades i controlades, per ex.: assaigs d'adobat, d'estat hídric, de vigor, etc. Una vegada conegut el significat exacte d'una sèrie de fotografies, bandes multispectrals, termogrames, etc., obtingudes en zones test, amb les degudes precaucions, ja podran extrapolar-se a àrees inexplorades.

2. ASPECTES DETECTABLES

Es poden distingir, en un principi, dos nivells d'informació: 1.^a Informació per planificacions a llarg termini. Ex. Inventari de recursos, plans d'ordenació de cultius, concentració parcel·laria, etc. 2.^a Informació corrent, usada amb fins de control i avaluació a curt termini. Ex. Estat hídric dels cultius, aparició de malal-

ties, càlcul de l'àrea sembrada de tal o tal gramínia, etc.

Segons l'ordre proposat, exposem a continuació els aspectes generals, útils generalment a planificacions a llarg termini, referides fonamentalment a modalitats de superfície (2,1) i humitat del sòl, drenatges i regadius (2,2).

2.1. Modalitats de superfície

La portada a terme d'un inventari de recursos constitueix una de les primeres fases de l'ordenació territorial.

Amb la fotografia aèria s'han pogut delimitar zones forestals, prats, camps de conreu, sòls nus, aigua i altres «unitats» com carreteres, edificis, etc.

En la prospecció i cartografia de sòls, la fotointerpretació constitueix una pràctica corrent des de fa molts d'anys.

A més dels mapes bàsics edafològics, agronòmics, etc., s'han fet mapes aplicats, d'utilització del sòl, usos agrícoles, tipus de parcel·lament i d'altres.

Es pot investigar en zones de vegetació, la densitat de cobertura i la homogeneïtat de les superfícies (Perrier i Chartier, 1972).

En les àrees de sòls nus, llaurats o en guaret, es poden apreciar, per teledetecció, diferents propietats del medi edàfic, tal com l'estat d'humitat, la temperatura, la textura, l'estructura i riquesa en matèria orgànica, a més del grau d'erosió d'un sòl.

Les propietats físiques i químiques detectades per percepció remota (pendent, textura, humitat) permeten la preparació de mapes d'aptituds de terreny de gran servei en les planificacions regionals.

Un dels exemples recents de l'ús de la percepció remota en la prospecció edafo-agronòmica el tenim en la detecció i cartografia de sòls salins, fins i tot des de satèl·lits. Així, al Valle Imperial de Califòrnia, aprofitant la missió de l'Apol·lo IX, es van diferenciar molt bé, entre d'altres unitats, els camps de remolatxes sucreres i les planícies salines.

La teledetecció no ens informa tan sols de l'existència de sòls salins, sinó que ens ajuda a preveure, en zones de posada en regadiu, possibles processos de salinització, per manca de drenatge o altres causes lligades a la natura dels sòls.

No insistirem en aquests aspectes, ja que s'han desenvolupat en un altre treball (*Edafologia y Percepción remota*, J. Bech, 1975).

Amb l'ajut de la percepció remota també s'aprecien els aspectes fisiogràfics generals, especialment els referits a la xarxa hidrogràfica o de drenatge, així com geomorfològics i litològics: glacis, terrasses fluvials o marines, zones muntanyenques, deltaïques, depressions interiors, maresmes, etc.

El color fals és molt útil per localitzar zones d'escorriments, ja que el blau de l'aigua contrasta vivament amb el morat o verd del terreny.

La majoria dels aspectes citats es vénen estudiant des de fa anys per les tècniques clàssiques de fotointerpretació: fotografia aèria pancromàtica (blanc i negre corrent). Així, per exemple, C. M. Girard (1971) en un estudi d'una landa húmida, a 80 km. de París, distingeix cinc unitats definides segons els caràcters següents: pendent, grau d'humitat del sòl, presència o absència d'arbres i desenvolupament de la vegetació.

Darrerament, a la fotointerpretació convencional s'ha d'afegir les tècniques multiespectrals i el radar.

Les tècniques de mapejat multiespectral automàtic es basen en definir unes «categories» corresponents, p. ex. a «aigua», «vegetació herbàcia», «sòl nu» i «altra categoria», a les quals s'assignen unes lletres X, I, G, etc., que la computadora inscriurà omplint diverses àrees del paper segons la informació rebuda per les sondes multiespectrals.

En un altre exemple de mapejat automàtic s'ha usat la sonda d'escombrat multiespectral amb 17 bandes a 976 m. que distingeix les següents categories superiors:

- Vegetació.
- Arbres.
- Aigua.
- Sòl nu.
- D'altres.

I dins de «vegetació» uns vuit tipus de conreu diferents, dels que parlarem al següent apartat.

Recordem que sempre que es comencen estudis d'aquest tipus, s'han de com-

parar les fotografies pancromàtiques o en color de les zones diferents, degudament senyalades a l'àrea test, amb els «mapes» realitzats per computació. De la comparació sistemàtica deduirem el percentatge d'error comès i, per tant, la validesa de la tècnica multiespectral en un àrea determinada. (cf. LARS, Information Note 102067, 1968 i Anuta et al., 1970).

En àrees grans l'ús dels sensors citats, transportats per satèl·lits, promet ser un instrument molt eficaç d'informació general de distribució i inventari de superfícies. Les fotografies preses des de l'Apol·lo IX i l'ERTS-A del Valle Imperial de Califòrnia han tingut una molt gran difusió en revistes científiques i de divulgació. I fins i tot un profà, en la de fals color, aprecia immediatament el diferent ordre i grau d'aprofitament dels camps de conreu als dos costats de la frontera U.S.A.-Mèxic (Colwell, 1970, 72).

Aquesta visió general és imprescindible per als projectes de posada en regadiu, ja que no totes les zones de terreny són adequades per a això.

També la percepció remota ens servirà per mapejar les zones de secà delimitades de les de regadiu.

El grau i tipus de cobertura vegetal d'un sòl pot variar segons el sistema de conreu adoptat. Així, es pot plantar en fileres, en cavallons, distribució en quadre, a l'atzar, etc. D'altra banda, és clar que no proporciona una mateixa cobertura una vinya que un camp de blat de moro.

Les imatges fotogràfiques o multiespectrals seran diferents fins i tot per un mateix conreu, segons la distribució de la plantació. Així, els avellaners en el Camp de Tarragona poden estar plantats en grups, fileres, etc. Igualment pot dir-se dels pomers i d'altres fruiters. Per això és imprescindible l'estudi detallat d'una zona test per poder interpretar *a posteriori* la informació de grans àrees.

Mitjançant les tècniques de percepció remota s'han aconseguit espectaculars resultats en l'elaboració ràpida de mapes d'utilització dels camps i veure la seva

evolució en el temps. Vegeu Croney W. F. (1967).

Aquest aspecte de l'evolució en el temps dels terrenys és molt important en Agronomia, i gràcies a la percepció remota es pot, en un moment donat, determinar l'àrea dels camps sembrats i encara no germinats.

2.2. Humitat del sòl. Drenatges i regadius

És un altre aspecte de tipus general, que creiem que pot incloure's en el nivell d'informació útil, en principi, a les planificacions a llarg termini: posada en regadiu, dessecació de zones hidromorfes, establiment de xarxes de drenatge, etcètera.

Hem dit «en principi», ja que la informació de l'evolució de l'estat hídric en el temps, pot ser molt útil per a prendre decisions a curt termini (vg. periodicitat i dosi de reg).

Les tècniques de percepció remota són excepcionalment valuoses per tenir una adequada informació de l'evolució de l'estat hídric del sòl en grans àrees o en zones de difícil accés. Així Pouquet (1970) explica la detecció precisa dels canvis estacionals molt acusats en certes àrees de la terra. A l'acabament de l'estiu austral es detecta una autèntica expansió dels sòls humits, aparició d'inundacions, increment en zones pantanoses, etc. Per exemple a la regió del riu Paranà, Paraguai.

En la fotografia pancromàtica en general apareixen en tons de gris fosc a negre les zones humides i de gris clar a blanquinós les zones àrides. Les zones humides tant en l'emulsió color com en fals color apareixen en tons foscos.

La localització i delimitació de zones humides semisèques o àrides és molt important per a l'agrònom, perquè així pot preveure la sembra dels tipus de planta, farratges, etc., millors per a cada cas.

Així s'aixequen mapes de l'estat hídric

del sòl i fins i tot mapes específics d'àrees de sòl sec. Els mapes de «sòls secs» són molt útils per planificar i elaborar projectes d'irrigació.

La termografia s'ha assajat amb bon resultat. (V. g. en Río Grande; alçada de vol 160 m.).

L'emissió de calor per part del sòl és molt superior si està llaurat (més superfície) que si està en guaret i això pot detectar-se en les corresponents termografies obtingudes per aplicació dels films d'infraroig.

Un sòl llaurat o fressat, en estat sec ens dona, pel fals color, una coloració clara (a més lluminositat en la imatge, correspon una més gran temperatura).

Si el sòl es humit, en fals color ens dona un to fosc i representa una més gran absorció de l'infraroig pròxim (menor albedo infraroig). Les terres no humides donen més forta reflectància.

Les terres de secà o no explotades apareixen netament més «càlides», és a dir, més clares, en les termografies a causa que les terres incultes presenten fortes temperatures de radiació; pel contrari, els sòls irrigats donen valors baixos de temperatura d'irradiació, se'ns mostren més «freds». Això darrer, doncs, pot pendre's com un símptoma de riquesa agrícola.

Aquest criteri també pot usar-se per a detectar zones inundades, maresmes, polders, pantans plens de llots, etc., ja que ens donaran valors baixos d'irradiació.

La possibilitat de delimitar i fins i

tot d'avaluar la quantitat d'aigua que hi ha en una zona, immediatament després de ploure o de ser irrigada i de nou algunes hores més tard, pot ajudar ràpidament i eficaçment a caracteritzar la naturalesa de la textura i estructura del sòl i el grau de drenatge. Si hi ha un bon drenatge, a la segona «foto» quasi no s'apreciarà «aigua». En cas contrari, els símptomes «d'aigua» seran molt semblants als obtinguts en la primera «foto», per persistència de la humitat.

Per comparació entre termografies preses en vols a diferents hores del dia hom pot arribar a deduccions interessants respecte a la humitat, la textura i el drenatge. Com més gran sigui l'oscil·lació diürna de la temperatura, és indicatiu que el sòl és més sec. Un sòl que s'assequi ràpidament, pot ser útil sotmetre'l a regadiu. Pel contrari un mapa que indiqui contínues condicions de saturació ens pot portar a projectar la instal·lació d'una xarxa de drenatges.

Les fotos en color i fals color són també útils per a localitzar camps que tinguin tubs de drenatge i permeten cartografiar-los. Es coneixen exemples d'això on l'escala utilitzada ha estat 1:40.000.

El radar lateral SLAR distingeix molt bé àrees no conreades dels camps de conreu, per les seves formes geomètriques; podem saber ràpidament si aquestes àrees conreades són irrigades o corresponen a cultius de secà per la detecció de la radiació infraroja, tot estudiant les termografies.

3. IDENTIFICACIÓ D'ESPÈCIES CULTIVADES, AVALUACIÓ QUANTITATIVA I DISTRIBUCIÓ DE LES ÀREES A ELLES DESTINADES

Utilitzant fotos en blanc i negre, hom pot valorar a més de la trama, les diferents gammes de grisos que donaran els diferents tipus de conreus.

La millor època de l'any per a obtenir les fotografies, és entre la floració i la fructificació o en algunes espècies al moment de la floració. A la primavera i

a l'estiu, la vegetació dona el màxim contrast de tons.

En el cas dels cereals, l'observació ha de fer-se abans de la collita, però les dades varien amb la latitud, altitud i condicions microclimàtiques.

En l'emulsió pancromàtica, la civada, a Suïssa, apareix en un to fosc, a prin-

cipis de juny a l'altiplà i al juliol i agost a les zones de muntanya.

En les fotografies en color, la civada a principis de juny a Califòrnia, mostra les fulles més brunes que el blat o l'ordi. L'ordi presenta un color daurat peculiar, mentre que el verd del blat tendeix a persistir més temps que el de la civada i l'ordi.

En les fotos obliqües, les panícules de civada, contrasten vivament amb les espigues brunes del blat.

Els prats de sega es poden distingir dels conreus farratgers d'usurda o trèvol, ja que els darrers són més foscos i en la seva imatge gairebé no s'aprecia la textura.

El blat de moro i el tabac, a causa de la seva especial textura, presenten un aspecte estereoscòpic peculiar, molt útil per a la seva identificació. Són visibles a la fi de l'estiu i tardor.

Els camps de patates poden confondre's amb els de remolatxes, però el fullatge de les primeres no cobreix completament el sòl a principis de l'estiu i a la tardor i deixa veure les fileres, així es distingeix de les segones.

Respecte als fruiters, són difícils de diferenciar entre ells els pomers, els perers i els cirerers.

Encara més difícil és distingir els noguers dels castanyers per la seva particular morfologia i diferent manera d'ésser plantats.

Les emulsions en color i fals color, especialment aquesta darrera, són molt útils per a la investigació d'espècies cultivades. Per exemple amb ektachrome infraroig, en vol a 1.700 m. d'alçada, el blat de primavera apareix verd crom, el d'hivern verdblavenc i el blat dur verd groguenc. La civada, verd oliva i l'ordi, groc verdós.

A fotosíntesi més intensa correspon, en fals color, un vermell més viu. Per això, en general, els cultius irrigats es distingeixen dels de secà.

En la coloració influeixen, per a una mateixa espècie, l'edat de la planta i l'època de l'any en què sigui fotografiada.

Així, l'usurda jove presenta un color

verd clar i vermell teula en fals color. L'usurda vella, verd foc i vermell granat en fals color. Els avets joves es distingeixen dels vells, en l'emulsió color pels tons verd clar i verd fosc que presenten respectivament.

En les parcel·les experimentals de Grignon (França) s'ha vist que (C. M. Girard 1971) l'associació usurda-dàctil en el segon any dona un color més intens que les associacions d'un a tres anys. Això ve confirmat per les observacions de terreny, en el sentit que és en el segon any quan aquesta associació obté el seu òptim desenvolupament.

Segons l'època de l'any que es prenguin les fotografies variaran, lògicament, l'aspecte, coloració i to d'aquestes. Això és evident en els caducifolis, però concretament en els cultius hortofrutícoles, també es donen les freqüències fenològiques associades a la germinació, el creixement, la floració, la fructificació, la maduració, la recol·lecció, etc., fets que provoquen els corresponents canvis d'aspecte i coloració en les fotografies. Aquests canvis de colors previstos, per exemple, el pas de verd a groc en madurar els cereals, es registren perfectament en imatges fals color i poden ser especialment útils en la identificació de cultius. Per a això es prenen fotografies successives en un cert interval de temps.

Però molt sovint passa que aquests esperats canvis de color d'un determinat conreu no segueixen sempre la mateixa trajectòria a causa de factors que la interfereixen, com la irregularitat dels treballs agrícoles (en l'espai i en el temps), la humitat del sòl, afegiment de fertilitzants, d'herbicides, etc. I així, amb aquest motiu, s'ha donat el cas de registrar per un mateix cultiu diferents colors i també el cas contrari: un mateix color per a diferents cultius. En l'usurda tenim un exemple típic d'això. A causa del sistema de sega periòdica a la qual se la sotmet, s'han enregistrat en fals color fins a sis tons diferents de vermell, des del rosa clar fins al vermell intens (Johnson et al. 1969).

Suplementàriament poden donar-se variacions anòmales de color en preses successives com a conseqüències de causes tècniques com són el control de qualitat de les pel·lícules, variacions en el temps d'exposició i problemes de revelat.

L'estructura de la planta, matoll o arbre, també influeix sobre la reflectància, en especial el gruix de les branques. Així, a més gran exuberància de les branques, amb una ombra més poderosa, correspon una més gran acusada reflectància; per aquesta raó un noguer té una reflectància més gran que un plàtan i aquest a la vegada, la té més gran que un pi. Totes aquestes diferències es posaran de manifest en mesurar les radiacions infraroges.

L'alçada de presa de les fotos és un factor també a tenir en compte: a baixa altura s'aconsegueix un millor contrast de matisos, a causa del gruix més petit de la capa de partícules de pols en suspensió a l'atmosfera.

Les escales més freqüentment usades en fotointerpretació agronòmica són les de 1:5000 a 1:15000, encara que també es coneixen estudis inclosos en una gamma més àmplia des de 1:200 a 1:25000. Sembla que la distinció límit dels arbres fruiters és cap als 1:7000.

No obstant això en la percepció remota usant globus o satèl·lits s'imposen escales bastant més petites. V.g. les fotos de l'ERTS-1 sobre el Valle Imperial preses a 570 milles (equivalent a uns 1.017 Km.) d'alçada, amb unes escales de l'ordre de 1:400.000.

Després de la identificació manual o automàtica d'espècies es fa el mapejat amb la distribució d'aquestes. Això presuposa un treball previ d'identificació d'espècies en diferents èpoques de l'any i en diferents circumstàncies, en parcel·les test, de les quals hom obté successives fotografies o bandes multispectrals, amb les quals s'ha arribat a confeccionar taules de nomenclatures de cultius. En aquestes juguen diferents factors com són el to, la textura, model mesura, etc., i que a causa de la baixa resolució de la imatge

presa per satèl·lits es perd la major part. En tot cas, el factor *color* persisteix.

Per això s'ha considerat imprescindible aconseguir una taula o codi de colors de les espècies cultivades on es fixin els límits de color per les variacions d'edat, humitat del sòl, treball agrícoles, etc.

S'han fet estudis d'aquest tipus amb color i fals color, en vols a baixa alçada i en sensors des de satèl·lits.

Un exemple d'aquests codis el tenim en l'estàndard Land Use Code (Johnson et al. 1969), on juguen a més del color, modalitats de cultiu (amplada i disposició de les fileres, etc.), factors climàtics i altres de físics indirectes i de tipus antropològic.

És de tipus decimal i s'ha confeccionat amb cinc nivells de xifres:

- 1.^r nivell: Recursos i produccions (8).
- 2.ⁿ nivell: Agricultura rural (81).
- 3.^r nivell: Categoria primària de camps de cultiu (811).
- 4.^t nivell: Cultiu de cereals (8111).
- 5.^b nivell: Cultiu de sègol (81111).

Com afirma Johnson et al. (1969), allò interessant d'aquest codi jeràrquic és que permet l'equivocació en un cultiu específic sense arriscar l'exactitud del sistema en un nivell superior. Així l'error de classificar blat (81118) com a sègol (81111) no afecta a l'exactitud de la classificació de *cereals* (8111).

En el vol de l'Apol·lo IX es va aconseguir una resolució de 80 m. i va arribar al tercer nivell (811).

Els nivells 4.^t i 5.^b es van aconseguir amb l'ajut de vols convencionals, complementaris de la missió Apol·lo IX. Van permetre unes molt interessants extrapolacions en àrees concretes de les fotos obtingudes pel satèl·lit.

Fins i tot, com exposen Anuta et al. (1970), a més de les «clases» com blat, remolatxa sucrera, sorgo i userda es van distingir diverses subclasses, és a dir, un sisè nivell. Això s'aconsegueix pel procediment de la microdensitometria i separació de colors de films i bandes multispectrals obtingudes, convertint les den-

sitats en impulsos elèctrics, registrats en bandes magnètiques, és a dir, convertint les dades d'analògiques en digitals (programa LARSIIS), amb registres i posterior explotació d'informació en forma d'histogrames, de caràcters alfabètics o d'altre tipus, on es mantinguin perfectament el sistema de coordenades de les parcel·les. De tota manera, pel moment, aquests codis només tenen una validesa més o menys local.

Així s'aconsegueix, en síntesi, el mapejat automàtic de cultius. Això permet, doncs, no sols la identificació de cultius sinó la seva distribució i avaluació de les àrees a ells dedicats.

D'aquesta manera es poden preparar

mapes temàtics, fins i tot per cada tipus de conreu, vinyes, blat de moro, blat, sorgo, etc.

Un aspecte aplicat particular d'aquestes tècniques de percepció remota de conreus, el constitueixen la detecció i control d'àrees cultivades de plantes productores d'estupefaents (cascall, cànem indià, arbre de la coca, etc.). Poden ser de gran ajut als organismes internacionals encarregats del control i repressió del tràfic il·legal de narcòtics, en especial si es té en compte com són d'inaccessibles moltes de les zones tradicionalment productores d'aquestes (regions llunyanes d'Orient Llunyà i Pròxim, Amèrica Central i del Sud, etc.).

4. PREVISIÓ DE COLLITES

El control remot de l'evolució dels conreus, així com el mapejat automàtic d'espècies i la consegüent avaluació de l'àrea destinada a cadascuna, suposa una valuosa informació per les importants conseqüències de tipus aplicat que poden deduir-se, tals com el cens global de collites, previsió de les mateixes, evolució en el temps de les modalitats de cultiu d'un país, etc.

D'aquests aspectes aplicats en destaquem els següents:

a) *Control de l'evolució dels conreus*

Es pot exercir el control començant ja pel d'una germinació correcta de la qual podem cercionar-nos observant, per exemple en fals color, la distribució uniforme de la tonalitat rogenca. Això es deurà que la totalitat de les llavors han germinat sense cap trasbals.

Pel contrari, si per qualsevol causa algunes llavors no han germinat, deixaran «buits» de sòl nu entre la vegetació, cosa que es tradueix, també en fals color, en un puntejat clar en el conjunt rogenç de la parcel·la.

Segueix el control de la fase de creixe-

ment, en la qual s'aprecia el vigor de la planta (a més fotosíntesi, color vermell viu més intensa, al F. C.), amb la quantitat de fullatge i les seves especialitats característiques de sanitat fisiològica (concentració de clorofil·les, carotens, turgència, etc.), de les quals ens ocuparem especialment en un altre apartat.

I amb la floració s'inicia una fase decisiva per a preveure la futura collita. La importància de la floració, junt amb la quantitat de fulles, és, doncs, un índex significatiu en la perspectiva de la collita.

La fructificació i la seva darrera fase, la maduració dels fruits, constitueixen la culminació del cicle agrícola de la majoria dels cultius (en tots els frutícoles, però en molt pocs d'hortícoles i farratgeres, en els quals interessa l'aparell vegetatiu).

b) *Planificació dels treballs de recolecció*

El control de l'evolució dels conreus, ens dona una informació precoç qualitativa i quantitativa sobre la maduresa de les collites, que ens orientarà en dos aspectes molt importants: 1) aspecte cro-

nològic, és a dir, previsió de les dades d'inici, durada i termini de les feines de recollecció de les collites (sega, verema, safra, etc.) i 2) aspecte quantitatiu, sobre el volum de collites, mitjans de recollecció i comercialització, etc.

La previsió, quant a dades permetrà una planificació racional de l'ús de la mà d'obra, evitant l'estada i els viatges innecessaris, una més gran fluïdesa en la contractació de personal, reducció en les despeses d'ús i trasllat de maquinària, obviant la repetició d'itineraris a la maquinària pesada, vgr. les recol·lectores de raïms i blat.

Els avantatges que porta la percepció remota al plànning de la recollecció són encara més grans en el segon aspecte. La planificació de les operacions i dels mitjans de la collita es farà en funció de les hectàrees cultivades i l'estimació global del rendiment previst. Això facilitarà la resolució eficaç dels següents punts:

- càlcul previ del nombre d'obres necessaris per aquestes feines.
- parc de maquinària a usar.
- transport de les collites des del camp als magatzems o plantes de tractament: nombre de camions, remolcs, etc.
- plantes de tractament: bodegues, molins, almàsseres, etc.
- aforament dels magatzems càmeres frigorífiques, dipòsits, bótes grosses, sitges, etc.
- mitjans de transport de les collites i productes derivats d'aquestes des de les plantes de tractament o fàbriques d'extractes, conserves, liofilitzats, etc., als centres d'emmagatzematge, distribució i consum.
- nombre de camions, vgons de ferrocarril, vgons cisterna i contenidors per a vins, olis, grans, pinsos, etc.

— vgons frigorífics per a fruites, flors i hortalisses fresques, etc.

c) *Planificació econòmica*

La percepció remota, així mateix, encara que indirectament, pot simplificar i fer més racional la comercialització i distribució dels productes agraris i servir d'inestimable ajut als agricultors, grangers, i comerciants de productes hortícoles, pinsos i derivats.

També serà d'utilitat a fabricants i distribuïdors de productes agroquímics, en especial d'adobs, hormones i productes fitosanitaris (plaguicides, herbicides, fungicides, insecticides, etc.), per a planificar el marketing en grans àrees, així com la reposició d'estocs d'additius a conserves, vins, etc.

La informació ràpida i oportuna pot ser útil als medis financers, bancs i agències hipotecàries i d'assegurances que treballen en el sector agrícola; v. g.: agilitzant els expedients de préstecs, o avenços de pagament sobre collites, etc. o en la valoració immediata de finques.

Aquesta informació l'aprofitaran les Cooperatives agrícoles, Sindicats, Cambres de comerç, Agències d'extensió agrària i altres dependències dels Ministeris d'Agricultura i Comerç.

La programació i comercialització (plànning i marketing) de les collites realitzades amb l'ajut de la percepció remota, donarà, any rera any, una preciosa informació estadística de gran utilitat per les múltiples possibilitats d'ús i implicacions que suposen aquestes en els ordres social, econòmic i fins i tot geopolític, tant a nivell internacional; v. g.: estratègia del comerç exterior, evita l'especulació o desequilibris en la balança de pagament, etc.) com a nivell nacional o d'ordenació territorial.

5. ASPECTES FITOPATOLÒGICS

En la problemàtica de la sanitat vegetal, també suposa un gran avantatge la percepció remota, especialment quant a detecció de plagues i malalties, així com també al seu control en el temps (aparició, evolució, regressió i extinció) i en l'espai (tendències a la dispersió, àrees afectades, línies privilegiades de difusió i possible localització).

En aquest apartat no ens ocupem de les malalties de mancances per defectes d'adobat o de tipus metabòlic, sinó de les de tipus parasitari, sobretot a causa de virus, bacteris, fongs i insectes, com per exemple el virus del mosaic del tabac, el míldiu, la filloxera, la processonària que causa grans danys en els nostres pinars, l'escarabat de la patata o les plagues de llagosta a l'Àfrica i Orient Mitjà, ben conegudes ja des dels temps bíblics.

Recordem que les espècies cultivades i la vegetació en general, en fals color apareixen si són sans de color vermell i de groc, verd o blau, segons les espècies, si estan malaltes. Els vegetals morts apareixen de color blau fosc.

Els mitjans de percepció remota instal·lats en vehicles aeris (càmeres amb pel·lícula ektachome infraroja o sondes multiespectrals) permeten detectar precoçment l'aparició d'una plaga o malaltia en una zona determinada.

La màxima eficàcia s'aconseguirà si hi ha establerts circuits de recorregut periòdic independentment dels circumstancials que s'implantin en la localització de focus patògens, que exigiran una contínua vigilància de l'evolució de l'àrea afectada.

La ràpida detecció i localització serveix primordialment per a alertar agricultors i gregars, a la vegada que per a

establir àrees de quarantena amb les quals es previndrà en la manera possible la propagació de la malaltia.

Però, a més a més, la detecció i el mapejat automàtic d'aquestes zones seran útils als fitopatòlegs, per a l'estudi de les malalties, la seva propagació, cicle, control i predicció del seu increment, disminució o extinció, així com als fabricants i distribuïdors d'insecticides, fungicides i altres productes fitosanitaris.

S'han realitzat ja diferents assaigs de mapejat automàtic de malalties dels cultius.

Ben coneguts són els de la Universitat de Purdue (U.S.A.) i els portats a terme a Canadà. Un exemple d'aquells és el de Bauer, et al. (1972), que han estudiat la detectabilitat de diferents graus d'infestació de les fulles de blat de moro pel *Helminthosporium maydis* que causa la malaltia del «marciment de les fulles de blat de moro», utilitzant per a això tècniques fotogràfiques convencionals i espectrals — en la banda de 0.4 a 14 micròmetres — amb presa a alçades compreses entre 3.000 i 60.000 peus. Amb les primeres (usant especialment fals color), es van detectar tres nivells d'infecció i amb una sonda òptico-mecànica es van arribar a diferenciar cinc graus de lesió dels sistemes establerts per observació directa sobre el terreny, en les àrees experimentals situades al W. d'Indiana. Es va veure que el millor moment per aquest estudi era entre finals d'agost i primers de setembre. I del segon, per exemple a Ontario, s'ha utilitzat el Quantiment 720, que detecta zones de tonalitats, per identificar malalties dels cultius i avaluar les zones afectades en cada fotografia mitjançant una sola operació.

6. ASPECTES DEL CONTROL D'HERBICIDES

Les males herbes són, en general, plantes anuals o bianuals de creixement ràpid i fotosíntesi activa. Això fa que mit-

jançant l'ús dels films fals color, apareguin de color vermell, mentre que els cultius, com per exemple el blat, tinguin

un color verd-groguenc. Aquest fet permet la fàcil detecció de les males herbes.

La percepció remota permet la identificació d'espècies de males herbes, per comparació de les fotografies en f. c. i control sobre el terreny, en zones test, així com la distribució i mapejat d'aquestes o d'associacions. La teledetecció té especial interès en el seguiment de la taxa d'invasió d'una espècie nova a la comarca.

Altres aspectes que pot resoldre és el de l'avaluació de la concentració o densitat assolida per tal o tal espècie en una

zona determinada abans i després del tractament amb herbicides. Així, doncs serà de gran utilitat en les experiències de control i efectivitat dels herbicides, efectes de les males herbes sobre les collites, accions secundàries dels herbicides sobre els conreus, etc.

El mapejat ràpid de males herbes serà de gran utilitat no sols als agricultors sinó a les indústries i als majoristes d'herbicides, tant en la selectivitat de producció en l'emmagatzematge, la distribució i la comercialització racional dels seus productes.

7. DETECCIÓ DE TRASTORNS NUTRICIONALS I CONTROL DE L'ADOBAT

Fem referència al control remot dels trastorns fisiològics a causa no sols de la manca d'elements majoritaris i micronutrients i la seva correcció mitjançant l'adob, sinó també la presència d'altres, que per la seva concentració provoquen una acció desfavorable o tòxica en els cultius, tal com passa als processos d'alcalinització o la manifestació de clorosi per excés de calç lliure al sòl.

Els trastorns nutricionals es vénen estudiant mitjançant diferents tècniques de laboratori (cultius hidropònics, en serra, testos controlats, fitotrons, etc.), hivernacle, parcel·les experimentals a l'aire lliure, amb controls lisimètrics, etc., però fins aquest moment, només s'havia fet amb mesures directes dels efectes sobre els creixements, producció, desenvolupament, i llargada de les tiges, fulles i aparell radicular, anàlisi foliar, test sobre saba, etcètera.

Les tècniques de percepció remota es basen essencialment en la diferent resposta espectral que dona una planta segons el seu diferent estat fisiològic. Això es pot correlacionar, en les parcel·les experimentals per exemple, amb el nivell de nitrogen en els teixits que dona idea precisa de la bona salut i vigor de les plantes. Passa el mateix amb els coeficients fotosintètic i respiratori (Warburg).

Les tècniques perceptives de laborato-

ri estan centrades en la construcció i assaig d'aparells capaços d'apreciar les variacions de reflectància i transmitància en diferents parts de les plantes a causa de la provocació de situacions deficitàries nutricionals i hídriques o a situacions «stress» per la presència de substàncies pertorbadores de la fisiologia.

En general la fotografia pancromàtica no detecta bé aquests trastorns i els films en color són poc útils. Molt més interessants són els films infrarojos i especialment el fals color.

Com ja hem indicat en apartats anteriors, la vegetació sana dona un color vermell i la que presenta trastorns, colors variats: verdós, violaci, etc. Per exemple, la remolatxa amb mancances de nitrogen apareix d'un color rosat, mentre que l'alimentada equilibradament mostra un color vermell corinti.

Els estudis en parcel·les test permeten, per extrapolació, el descobriment de trastorns de nutrició en grans àrees.

La detecció precoç permet corregir les deficiències nutricionals subministrant al terreny els elements limitants.

El mapejat de les àrees amb deficiències nutricionals és útil als agricultors, agrònoms, fabricants i distribuïdors de fertilitzants. Per tant poder disposar de mapes sinòptics comarcals o regionals permet formular programes de fertilitza-

ció idonis, en funció de les necessitats potencials de nutrients.

Les tècniques de percepció remota també s'usen per a comprovar els efectes de l'adobat. Així, per exemple, a l'Alemanya Oriental, la fotografia en color s'usa en viviers de repoblació forestal per supervisar l'eficàcia de la fertilització, especialment per al control de dosis: en el cas que l'abonat hagi estat escàs o mal dosificat i no s'han assolit els efectes desitjables, les parcel·les adopten una tonalitat fosca. Si pel contrari la fertilització ha estat d'adequada, apareix un to verd ben palès de les plàntules que pugen vigoroses.

La presència de dosis excessives de certs ions, per exemple CO_3 lliure o Na pot produir trastorns no sols fisiològics sinó morfològics (per exemple: clorosi en el primer cas i «cremades» en el segon) que indubtablement es tradueixen en canvis en la transmissió i en la reflectància de les espècies cultivades.

Fundant-se en això, a l'Institut del Cotó (U.S.A.) s'usen tècniques de percepció remota per vigilar i controlar l'alcalinització del sòl.

S'ha vist en els camps de cotó experimentals que:

- les plantes, en zones de vies d'alcalinització, augmenten la seva taxa de transpiració per a contrarestar la creixent concentració de sals en el sòl, amb la qual cosa varia el nivell hídric de la planta afectada.

- respecte a la salinitat, el factor condicionant de la reflectància en els vegetals no és el tipus de sal (anions i cations diversos), sinó la quantitat de sals.

- a més concentració salina, els vegetals presenten una més gran reflexió en la zona de l'infraroig i més petita en la del verd.

- en les parcel·les afectades per la sal, a més claredat en les fotografies i termografies, correspon pitjor salut de les plantes de cotó.

8. METEOROLOGIA AGRÍCOLA

Des de fa anys es vénen utilitzant dispositius instal·lats en avions, vaixells, i satèl·lits per a la informació i previsió meteorològica general, amb una coordinació en grans àrees geogràfiques.

Però existeix una meteorologia agrícola específica que aplica tota la informació a la previsió dels meteors desfavorables, tant a curt termini (gelades, huracans, tempestes, calamarsa, etc.) com a llarg termini (anys plujosos, períodes de secada, etc.).

Coordinant de manera sintètica l'estudi estadístic de les sèries cronològiques de dades d'una regió amb la informació actual es pot inferir una previsió del volum de les collites a recollectar en un futur immediat.

Tota la informació meteorològica és important en aquest darrer aspecte de preveure la producció. Interessa estudiar l'evolució en el temps dels diferents mapes d'isotermes, isobares, isohietes, de co-

bertura de núvols, de direcció i força dels vents, mapes de persistència de neu amb indicació del gruix i àrea coberta, mapes d'àrees afectades per gelades o per calamarsa, mapes on es registren les àrees de danys causats pel vent, etc.

Aquests mapes temàtics són molt útils en la lluita antigelades i anticalamarsa, ja que permeten no sols la instal·lació d'una xarxa eficaç de dispositius, sinó que a més els avisaran precoçment quan sigui necessari el seu funcionament (torxes de gas antigelades i projectils granífugs amb sals de plata). Altrament, un funcionament continu o indiscriminat és d'un preu prohibitiu.

Al servei de previsió de gelades li és molt útil el control continu de les temperatures ambientals i del sòl. A base d'aquestes es coneixen fórmules estadístiques que donen la probabilitat de gelades. Amb un mateix fi són molt útils les termografies aèries preses de matinada, a l'hivern.

9. RAMADERIA

En primer lloc destaquem que la percepció remota, en facilitar la identificació i mapejat automàtic d'espècies farratgeres i de les àrees de prats, dona un inestimable ajut als practicadors i als ramaders.

Aquestes tècniques, incorporades al servei de control i cartografia de prats, permetran una millor i més ràpida identificació i localització de prats alts, baixos, d'àrees seques, de diferent estat de vigor, grau d'evolució, etc., així com una puntual informació sobre les condicions de les pastures i per tant de la probable eficàcia de la pastura. Tot això redundarà en una millor previsió de la qualitat dels animals i de la seva comercialització.

Igualment serà útil l'ús de films en color, fals color i sondes espectrals en detecció i localització de males herbes tòxiques per al ramat.

La teledetecció constitueix, a més, un mitjà d'informació directe en ramaderia per tal com permet la identificació i el comptatge d'espècies animals i, en conseqüència, la realització del cens global ramader, especialment útil en l'aspecte de l'evolució en el temps. Existeixen cites a la bibliografia científica de realització de cens global per fotografia des de satèl·lit. Notem que s'assoleix un control de la variació qualitativa i quantitativa de les espècies ramaderes no sols en el temps sinó a més en l'espai, és a dir, permet el control dels límits de les àrees de pasturatge.

El control del moviment dels animals permet una millor comprensió de la conducta animal sota diferents condicions i és important per els programes de millora de producció i gestió.

Poder saber en tot moment el nombre de caps de bestiar que pastura en prats,

deveses, ranxos, etc. és del màxim interès en ordre a estimar els potencials de comercialització no sols a ramaders, sinó també a indústries agropecuàries, de pinsos, càrniques, botifarreres, de pells, etc.

Un altre sector no menys important de la ramaderia que es beneficia de la percepció remota és el de la sanitat animal i el seu control.

Les sondes tèrmiques mòbils instal·lades en camions-plataforma prop dels animals, o en helicòpters, permeten la detecció i localització d'animals amb temperatures corporals anormals, és a dir, amb febre. Així es podrà medicar abans que la malaltia progressi i posi en perill la seva vida i la dels veïns del ramat, si és una malaltia contagiosa.

Alertats per la precoç informació sobre la febre, els serveis veterinaris poden examinar i diagnosticar, en el seu cas, l'existència d'una epizootia, donar immediat avís a les autoritats competents i aïllar l'animal, així com establir zones en quarantena si les circumstàncies ho aconsellen.

Així pot, doncs, agilitzar-se l'aplicació de mesures profilàctiques i preventives, que evitaran la pèrdua de molts caps de bestiar i redundaran, en definitiva, en una millora de l'estat sanitari i per tant de la productivitat.

Un darrer aspecte ramader en què incideixen les tècniques de teledetecció és el control i el cens de la fauna silvestre. Per conservar i preservar de l'extinció moltes espècies salvatges és necessari conèixer els seus hàbitats, cicles de vida, migracions, etc. Això s'assoleix amb l'ús de termografies, aplicació directa d'emissors que permeten el control i seguiment a distància, etc.

10. ALTRES ASPECTES

S'inclouen tres aspectes en els quals no ens hem extès per tal d'evitar repeticions. Per aquesta raó no hem fet amb

ells apartats temàtics propis, malgrat no voler acabar aquest treball sense, almenys, citar-los. D'aquesta manera hau-

rem ofert al lector una visió introductòria, però àmplia i suggeridora, de múltiples aspectes de l'Agricultura, sobre els quals incideixen favorablement les tècniques de percepció remota.

a) Control del tipus de treballs agrícoles

S'investiga en la identificació dels tipus de treball efectuats al camp per interpretació d'imatges fotogràfiques convencionals i espectrals.

Quant al moment en què s'han realitzat els treballs, s'ha pogut precisar en films pancromàtics i en color, que quant més recent és el treball, més fosca és la placa impressionada. A més a més, respecte al color obtingut, juga més la data del treball, que el seu tipus (llaurar, carvar, etc.).

Una altra qüestió que s'investiga és la interpretació de la informació remota sobre la interacció entre els tipus de treball i les diferents modalitats de conreu.

Un punt aplicat interessant és la determinació del tipus de treball més adequat en funció a la informació rebuda, ja sigui directament en imatges sintètiques o deduïda per elaboració estadística de les informacions parcials sobre el sòl, meteorologia, etc.

b) Aplicacions en silvicultura

En el domini de l'enginyeria forestal i de monts s'usa la teledetecció en la identificació i mapejat d'espècies forestals. Aquesta classe d'informació és útil als serveis de manteniment del bosc, inclosos els serveis de detecció d'incendis, tala d'arbres i projectes de repoblació.

Es dedica un especial esforç a assajar tècniques de caracterització de condicions forestals.

Un altre aspecte és el de facilitar el mapejat d'àrees cremades i d'àrees per repoblar.

c) Deixalles agrícoles i pollució d'aigües

Un aspecte molt important és la incidència de l'ús de plaguicides, herbicides, i fertilitzants en la pollució d'aigües.

Algunes d'aquestes substàncies, bé per la seva persistència, bé pels seus efectes secundaris, en ser arrossegades per lixiviació al fons del perfil i ser incorporades a la capa freàtica, fan que els aqüífers puguin quedar contaminats.

S'imposa un control i aquest pot facilitar-se de gran manera per l'ús de les termografies que diferencien bastant bé les zones pollucionades dels rius, costes, llacs, etcètera, de les que es mantenen incontaminades.

BIBLIOGRAFIA

- ANUTA, P. E.; KRISTOF, S. J., et alter (1969): *Crop, soil and Geological Mapping from digitized Multispectral Satellite photo. (1983-1992)*. Proc. Seventh. Int. Symp. Remote Sensing of Rnviv. Ann Arbor, Michigan.
- AUTOMATIC CLASSIFICATION OF GREEN VEGETATION: *Soil and Water*, a «Research Progress Report», 310. (1968).
- BAUER, M. E., et alter: *Detection of Southern Corn Leaf Blight by Remote Sensing Techniques*. LARS Infor. Note 051371. Purdue University.
- BECH, J. (1975): *Edafología y percepción remota*, a «Aplicaciones de la percepción remota a las Ciencias de la Tierra». 2, 23-43, bl. en 47-48. Inst. Geograf. y Catastral. Madrid.
- BECH, J. (1975): *La percepción remota y los estudios edafológicos y agronómicos*, a «La Teledetección y sus aplicaciones sociales», 2, 91-103. Fundación Desarr. Comunic. Madrid.
- BECH, J. (1977). *Color de los suelos y fotografías aéreas del Delta del Llobregat*, a «Inmersión y ciencia».
- BECH, J., i CUSPINERA, E. (1977): *Aplicación del film Agfacontour a estudios edafológicos: litoral catalán*, a «Inmersión y Ciencia».

- BIENCHLEY, G. H. (1968). *Aerial photography in agriculture*, a «Outl. Agric.», 258-265.
- COLWELL, R. N. (1970): *En fase de recursos menguantes, la tierra desde el espacio*, a «Ceres» (F.A.O.), vol. n.º 3, 40-46.
- COLWELL, R. N. (1972): *Space photography aids agricultural planning*, a «California Agriculture», 326 (9), 8-13.
- CRONEY, W. F. (January 1967): *Some Vegetative and soil aspects in the use of vertical Kodak Ektachrome MS Aero graphic photography*, scale 1:20,00. Monroe County, New York.
- FRAZEE, C. J.; MYERS, V. I., i WESTIN, F. C.: *Remote Sensing for detection of soil limitation in Agricultural Areas 1,2*. Remote Sensing Institute and Plant Science depart. South Dakota State University Brookings, South Dakota. Proc. Seventh. Int. Remote Sensing of Enviv. Ann Arbor, Michigan.
- GIRARD, M. C.: *Étude des sols et des façons culturelles sur les parcelles expérimentales de Grignon*. Docum. dif. interna. E. N. S. A. Grignon.
- GIRARD, M. C.: *Interprétation de quelques facteurs pédologiques*. A partir de photographies aériennes, en relation avec différentes saisons et différentes émulsions.
- GIRARD, M. C. (1971): *Contribution de la Photographie Aérienne a la Compréhension de l'Ecologie Agricole*. Académie d'Agriculture de France, 12 Mai 1971, 702-711.
- GIRARD, M. C., et C. M.: *Présentation de l'enseignement de la photo*. Interprétation dans le cadre de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Grignon, et de la préparation du doctorat de troisième cycle de Pédologie, en Sorbone. (599-605). Document. difus. interna. Grignon.
- JOHNSON, C. W., et al. (1969): *A system of regional agricultural land using maps tested against small scale Apollo 9 Color infrared Photography of the Imperial Valley (California)*. Interagency Report Usgs-183. United States. Department of Interior Geological Survey.
- HOFFER, R. M. (1967): *Interpretation of Remote Multispectral Imagery of Agricultural Crops*. Report of the Laboratory for Agricultural remote sensing, vol. I, Purdue Univ. Agricultural Experiment Station, Research Bulletin n.º 381, Lafayette, Indiana, 36 pp.
- PERRIER, A., et CHARTIER, P. (1971): *Surveillance des zones de grande culture par télédétection*. Remote Sensing of Earth resources. Conférences à Paris. Centre National d'Etudes Spatiales.
- REMOTE MULTISPECTRAL SENSING IN AGRICULTURE. (1967): Report of the Lab. for Agric. Remot. Sens. Vol. 2. Purdue Univ. Research Bulletin n.º 832, Lafayette, Indiana, 75 pp.
- REMOTE MULTISPECTRAL SENSING IN AGRICULTURE. (1968): Report of the Lab. for Agric. Remot. Sens. Vol. 3. Purdue Univ. Research Bulletin n.º 844, Lafayette, Indiana.
- REMOTE MULTISPECTRAL SENSING IN AGRICULTURE. (1970): Report of the Lab. for Agric. Remot. Sens. Vol. 4. Purdue Univ. Research Bulletin n.º 873, Lafayette, Indiana.
- SILVA, L. et al. (1971). *Extended Wavelength Field Spectro radiometry*, pages 1509-1517.
- SINCLAIR, T. R., et al. (1971). *Reflectance & Internal structure of leaves from several Crops during a growing season*. Reprinted from Agron. Jour. Vol. 63, pages 864-868.
- STONER, E. R., et HORVATH, E. (1971): *The effect of cultural Practices on multispectral response from surface soil*. Proc. Seventh Ind. Synp. Remote sensing of Enviv. (2109-2113). Ann Arbor, Michigan.